

# Análisis de la competencia científica de alumnado de secundaria: respuestas y justificaciones a ítems de PISA

Beatriz Crujeiras Pérez<sup>1</sup> y María Pilar Jiménez Aleixandre<sup>2</sup>

Universidade de Santiago de Compostela. España. <sup>1</sup>[beatriz.crujeiras@usc.es](mailto:beatriz.crujeiras@usc.es), <sup>2</sup>[marilarj.aleixandre@usc.es](mailto:marilarj.aleixandre@usc.es)

[Recibido en marzo de 2015, aceptado en julio de 2015]

En este artículo se analiza el desarrollo de la competencia científica de alumnado de secundaria examinando: a) sus respuestas y justificaciones a ítems de opción de respuesta múltiple utilizados en la evaluación PISA; y b) el efecto que tiene la realización de actividades de laboratorio de indagación que abordan los desempeños evaluados en PISA sobre la adquisición de la competencia.

Los participantes son 21 estudiantes de un centro público cursando la materia de Física y Química en 3º y 4º de ESO. Se analizan las respuestas escritas a los ítems PISA al principio y al final del estudio a través de una rúbrica relacionada con los niveles de desempeño establecidos en PISA (OCDE, 2008) para las competencias científicas de identificar cuestiones científicas y usar pruebas científicas. Se comparan los resultados obtenidos al inicio y al final del estudio en porcentajes de las opciones de respuesta seleccionadas y de las justificaciones a cada opción de respuesta. Se identifican diferencias en los resultados obtenidos en la selección de opción de respuesta correcta y en la justificación de la misma, así como en los resultados y justificaciones al principio y al final del estudio.

**Palabras clave:** Competencia científica; justificación; PISA; evaluación.

## Analysis of high school students' scientific competency: answers and justifications to PISA items

This paper addresses students' development of scientific competency by examining: a) their answers and justifications to PISA multiple choice items; and b) the effect of students' engagement in inquiry-based laboratory tasks related to some performances assessed in PISA in their acquisition of scientific competency.

The participants are 21 high school students attending Physics and Chemistry courses in 9<sup>th</sup> and 10<sup>th</sup> grades. Their written responses at the beginning and end of the study were analysed by means of a rubric based on the PISA scales of proficiency levels (OECD, 2008) for the competencies in identifying scientific issues and using scientific evidence. The results obtained in the pre and post-test are compared in terms of percentages and number of adequate justifications. Differences in the results have been identified both for the justifications versus choices to multiple choice questions and the results and justifications in the pre and post test.

**Keywords:** scientific competency; justification; PISA; assessment.

## Introducción

Las evaluaciones internacionales como PISA (Programa Internacional para la Evaluación de Estudiantes) ayudan a interpretar los cambios potenciales en la legislación, programas y prácticas en la didáctica de las ciencias, lo que contribuye a mejorar la comprensión de la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias (Bybee, 2009). Según lo establecido en el marco de evaluación del programa PISA, éste trata de “evaluar el nivel de conocimientos y destrezas necesarios para participar plenamente en la sociedad que han adquirido los estudiantes a punto de acabar su escolarización obligatoria, centrándose en competencias clave como la lectura, las matemáticas y la ciencias” (OCDE, 2008, p.18).

La relevancia de los informes PISA y su impacto en el énfasis por la aplicación de conocimiento frente a la memorización de contenidos y hechos es ampliamente reconocido por la comunidad educativa. Su metodología ha sido criticada desde la investigación educativa en términos de su validez (Lau, 2009), idoneidad de los datos (Goldstein, 2004) y de las escalas de interés (Drechsel, Carstensen y Prenzel, 2011).

Este artículo examina el método de evaluación de las competencias científicas en términos de su efectividad para conocer el nivel de competencia adquirido por el alumnado.

Las evaluaciones PISA hasta la fecha han utilizado cuestiones de opción de respuesta múltiple como instrumento mayoritario en sus pruebas. Por ejemplo en la evaluación del 2006, la más reciente hasta la fecha, dedicada a examinar en detalle de la adquisición de la competencia científica, el 67% de los ítems se correspondían con cuestiones de este tipo, siendo el 33% de respuesta abierta y el 5% de respuesta cerrada.

En este artículo nos centramos en el papel de la justificación a las opciones de respuesta seleccionadas en los ítems de opción de respuesta múltiple, considerando que la justificación se fundamenta en dos dimensiones: teórica y metodológica.

## Perspectiva teórica

Desde este enfoque la definición de alfabetización científica en PISA 2006 (OCDE, 2008) incluye tres competencias científicas: identificación de cuestiones científicas, explicación de fenómenos científicos y uso de pruebas científicas. Estas tres competencias, como señalan Jiménez, Bravo y Puig (2009) están interconectadas ya que por ejemplo las cuestiones investigables por la ciencia pueden explicarse utilizando modelos científicos y evaluarse utilizando pruebas. Una de las operaciones que permite relacionar dichas competencias es la justificación, objeto de estudio en este trabajo, aunque en este artículo nos centramos dos de las tres competencias: la identificación de cuestiones científicas y el uso de pruebas científicas ya que la explicación de fenómenos científicos no aparece en las tareas analizadas.

La competencia de identificación de cuestiones científicas requiere algo más que reconocer cuestiones susceptibles de ser investigadas, ya que cuando se analiza la escala de niveles de los desempeños del alumnado para esta dimensión detallada en el informe PISA de 2006, se identifican operaciones relacionadas con la indagación científica. Entre estas operaciones se recogen por ejemplo identificar las variables que deben ser controladas en una investigación y articular métodos para conseguir ese control (nivel 6), identificar las variables que hay que cambiar y medir en una investigación en una amplia variedad de contextos o diseñar investigaciones en las que las relaciones entre los elementos son sencillas y carecen de abstracción apreciable (nivel 4). Por tanto esta competencia científica implica también diseñar investigaciones. Cabe destacar que en el marco de la evaluación PISA para este año 2015 (OECD, 2013) se hace hincapié de forma explícita en el carácter investigativo de esta competencia y se denomina competencia en evaluar y diseñar indagaciones científicas.

La justificación juega un papel importante en la investigación científica cuando se trata de convencer a la comunidad de la validez del conocimiento generado. Por tanto el alumnado debe ser capaz de elaborar justificaciones adecuadas a los resultados obtenidos en una investigación. Para ello es necesario que sea capaz de interpretar los resultados obtenidos en la investigación, relacionado con la competencia de uso de pruebas científicas. Esta competencia se caracteriza como la capacidad para elaborar conclusiones basadas en pruebas sobre cuestiones científicas. Ser capaz de justificar conclusiones o opciones de respuesta en base a pruebas es una de las operaciones que forma parte del uso de pruebas (Jiménez Aleixandre y Puig, 2011). En otras palabras, la justificación juega un papel central en la argumentación, que puede definirse como la conexión entre conclusiones y datos a través de justificaciones (Jiménez Aleixandre, 2008). Por tanto participar en la argumentación científica está relacionada con la adquisición de las competencias científicas.

Consideramos que el desarrollo de las competencias científicas se adquiere a lo largo del tiempo y con la práctica, por ello en este artículo analizamos la influencia de la participación

del alumnado en una secuencia de actividades de indagación en el laboratorio en las respuestas y justificaciones del alumnado a los ítems de PISA antes y después de la misma.

## Perspectiva metodológica

Desde esta segunda perspectiva coincidimos con autores como Tamir (1990) y Treagust (1988) en considerar que las justificaciones de las elecciones realizadas en las cuestiones de opción de respuesta múltiple aumentan significativamente la información sobre el conocimiento del alumnado. Las justificaciones incluidas en las cuestiones de opción de respuesta múltiple han sido utilizadas con frecuencia en la didáctica de las ciencias como herramientas de diagnóstico (Treagust, 2007). Sin embargo en este artículo el papel que juegan es el de examinar la adquisición de las competencias científicas, en particular de la identificación de cuestiones científicas y del uso de pruebas científicas. Coincidimos con Haja y Clarke (2011) en considerar que este tipo de tareas requieren más esfuerzo y tiempo así como destreza y comprensión lectora, pero la información que proporcionan es más fiable que las tipo test con opción de respuesta múltiple.

En las evaluaciones PISA los desempeños de la competencia científica del alumnado se detallan en una escala de seis niveles de desempeño, donde el nivel 6 es el máximo y el 1 el más bajo (OCDE, 2008). Esta escala es una herramienta adecuada para evaluar las respuestas del alumnado a las cuestiones de opción de respuesta múltiple.

En este artículo se pretende examinar si el formato de opción de respuesta múltiple es adecuado para evaluar los aspectos sofisticados de los desempeños del alumnado, por ejemplo si seleccionan una opción de respuesta razonadamente o por descarte.

Los objetivos de la investigación son:

- Analizar las respuestas del alumnado a los ítems de las pruebas PISA en términos de: a) la opción de respuesta seleccionada en los test de respuesta múltiple; y b) las justificaciones proporcionadas a la opción de respuesta escogida.

- Examinar la influencia de la realización de actividades de indagación sobre los desempeños evaluados en PISA en los resultados del alumnado relativos a los ítems de la evaluación PISA.

## Metodología

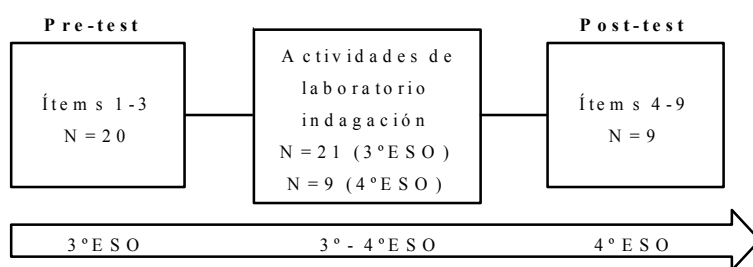
La metodología utilizada es de tipo cualitativo, orientada a analizar casos concretos a partir de las expresiones y actividades de las personas en sus contextos locales (Denzin y Lincoln, 2000). Utilizamos el estudio de caso como enfoque, ya que se pretende realizar un estudio intensivo de un fenómeno concreto en un contexto específico (Swanborn, 2010).

## Participantes y contexto

Los participantes son 21 estudiantes de 3º de ESO de un centro público cursando la materia de física y química. De los 21 estudiantes, nueve participan en un estudio longitudinal de dos años sobre el desarrollo de la competencia científica a través de cinco tareas de indagación en el laboratorio para las que se dedican dos sesiones a cada una. El estudio longitudinal se realiza durante 3º y 4º de ESO en un mismo centro en el que la materia es impartida por el mismo docente durante todo el estudio. El hecho de que solo nueve de los 21 estudiantes participen en el estudio longitudinal completo se debe al hecho de que la materia de física y química pasa a ser optativa en 4º de ESO, siendo esos nueve los únicos que escogen esta materia, lo que no significa que sean los de mejor rendimiento académico, de hecho solo dos de los nueve tendrían ese perfil.

Las tareas de indagación requieren que el alumnado planifique las investigaciones a llevar a cabo para resolver problemas situados en un contexto próximo al alumnado: averiguar qué pasta de dientes de dos repartidas en una campaña escolar será la menos efectiva contra la caries (tarea 1) o identificar el sospechoso o sospechosa de haber escrito un anónimo culpando a un compañero de haber copiado en un examen (tarea 5). Las cinco tareas de indagación se describen en detalle en otro trabajo (Crujeiras, Gallastegui y Jiménez, 2013).

Al principio y al final del estudio longitudinal el alumnado realiza tareas de lápiz y papel de tipo PISA relativas a cuestiones analizadas a lo largo del estudio. La figura 1 resume el diseño de la investigación.



**Figura 1.** Diseño de la investigación.

En el pre-test participan 20 de los 21 estudiantes mientras que en el post-test nueve.

### Secuencia de actividades

En este artículo analizamos las respuestas del alumnado a las preguntas del pre-test y post-test. El pre-test que consiste en tres cuestiones de opción de respuesta múltiple (ítems 1 a 3) sobre la caries utilizadas en las pruebas PISA piloto (OECD, 2009) en las que tienen que seleccionar la opción correcta y justificar la opción de respuesta elegida. Después de la secuencia de actividades de indagación realizamos un post-test que consiste en seis cuestiones (ítems 4 a 9). Los ítems 4 y 5 se corresponden con dos preguntas abiertas utilizadas en una prueba de la evaluación PISA de 2003 denominada “Las moscas”. Los ítems 6 a 9 consisten en cuatro preguntas de opción de respuesta múltiple utilizados en una prueba de la evaluación PISA de 2006 denominada “Protectores solares”.

El ítem 1 requiere que el alumnado aplique una serie de criterios en un contexto dado (el proceso de aparición de la caries) para establecer una conclusión. Deben identificar el papel de las bacterias en el proceso de aparición de la caries seleccionando la opción correcta (producir esmalte, azúcar, minerales o ácidos). El ítem 2 requiere que el alumnado identifique la afirmación que se sustenta en los datos proporcionados en una gráfica que representa el consumo de azúcar y la cantidad de caries producidas en diferentes países. El ítem 3 requiere que el alumnado decida si dos cuestiones pueden responderse mediante experimentación científica: el efecto de añadir fluoruro al agua de consumo y/o el precio de la visita al dentista.

El ítem 4 requiere que el alumnado proponga cómo comprobar la suposición de un granjero de que el insecticida utilizado contra una población de moscas se descompone con el tiempo. El ítem 5 requiere que el alumnado proponga dos explicaciones alternativas a la del granjero de que por qué el insecticida A es cada vez menos efectivo. El ítem 6 analiza la capacidad para identificar el papel de las sustancias de referencia en la investigación sobre los protectores solares. El ítem 7 examina la identificación del objetivo de la tarea. El ítem 8 evalúa el control de variables en el experimento. Por último el ítem 9 examina la interpretación de los resultados obtenidos en la investigación de los protectores solares.

En todos los ítems, a diferencia de la evaluación PISA, se pide al alumnado que además de seleccionar la opción correcta justifique su respuesta. El enunciado de cada prueba se recoge en el anexo.

### Herramientas de análisis

Las respuestas y justificaciones del alumnado a cada uno de los ítems se analizan a través de una rúbrica que se basa en la escala de niveles de desempeño para las competencias en identificar cuestiones científicas y en usar pruebas científicas (OCDE, 2008). La escala de desempeño de la competencia se distribuye en seis niveles, siendo el nivel 1 el de menor complejidad y el 6 el de mayor. En la tabla 1 se resumen las competencias y desempeños que se evalúan en cada ítem, así como el nivel de complejidad en el que se encuentran según el marco PISA. Cabe señalar que aunque cada pregunta es diferente, algunas coinciden en cuanto a desempeños se refiere, por ejemplo el ítem 1 del pre-test y los ítems 4 y 5 del post-test, ya que ambos pretenden evaluar la capacidad del alumnado para localizar la información científica relevante en un cuerpo de texto determinado para responder a una pregunta concreta. Otros ítems como el 3 (pre-test) y el 7 (post-test) evalúan desempeños diferentes pero situados en el mismo nivel de complejidad según las escalas de rendimiento establecidas en PISA (OCDE, 2008). Por tanto no se pretende comparar las respuestas y justificaciones a los ítems en el pre- y post-test sino examinar los niveles de desempeño o rendimiento alcanzados por el alumnado en ambas fases de la investigación.

**Tabla 1.** Competencias y desempeños evaluados en los ítems.

Ítem	Competencia	Desempeño	Nivel	
Pre-test	1	Uso de pruebas	Localizar la información científica relevante en un cuerpo de texto determinado para responder a una pregunta concreta.	3
	2	Uso de pruebas	Establecer una tendencia en un conjunto de medidas, línea simple o gráfico de barras	2
	3	Identificación de cuestiones científicas	Identificar las cantidades que pueden ser medidas de manera científica en una investigación	3
Post-test	4	Uso de pruebas	Localizar la información científica relevante en un cuerpo de texto determinado para responder a una pregunta concreta	3
	5	Uso de pruebas	Localizar la información científica relevante en un cuerpo de texto determinado para responder a una pregunta concreta	3
	6	Identificación de cuestiones científicas	Distinguir el control con el cual hay que comparar los resultados experimentales	4
	7	Identificación de cuestiones científicas	Identificar cuándo se están haciendo comparaciones entre dos pruebas aunque sean incapaces de articular cuál es el propósito de un control	3
	8	Identificación de cuestiones científicas	Distinguir el control con el cual hay que comparar los resultados experimentales	4
	9	Uso de pruebas	Localizar las partes relevantes de los gráficos y compararlas en respuesta a cuestiones específicas	4

El desarrollo de la competencia en identificar cuestiones científicas se evalúa en los ítems 3 (pre-test), 6, 7 y 8 (post-test). Los desempeños que se examinan se sitúan en diferentes niveles de complejidad: en el nivel 3 se sitúan los ítems 3 y 7, que implican identificar las cantidades que pueden ser medidas de manera científica en una investigación y en el nivel 4 los ítems 6 y

8, que implican distinguir el control con el cual hay que comparar los resultados experimentales.

En cuanto al desarrollo de la competencia en usar pruebas científicas, se evalúa en los ítems 1, 2 (pre-test), 4, 5 y 9 (post-test). Dentro de esta competencia se examinan desempeños en el nivel 2 (ítem 2) que implica establecer una tendencia en un gráfico, en el nivel 3 (ítems 1, 4 y 5) que requiere localizar la información científica relevante en un cuerpo de texto y en el nivel 4 (ítem 9) que implica localizar las partes relevantes de los gráficos y compararlas en respuesta a cuestiones específicas.

Identificados los desempeños a evaluar y los niveles de complejidad en los que se sitúa cada ítem, se examinan las respuestas y justificaciones escritas de alumnado para cada ítem.

Para dar respuesta al primer objetivo de investigación “analizar las respuestas del alumnado a los ítems de las pruebas PISA en términos de la opción de respuesta seleccionada en los test de respuesta múltiple y de las justificaciones proporcionadas a la opción de respuesta escogida”, se elabora una rúbrica que consta de cuatro categorías establecidas en base a la información extraída en el análisis de las respuestas escritas de los estudiantes a los ítems:

- Justificación en base a la información aportada en la tarea: explica de forma correcta la opción de respuesta seleccionada como válida, utilizando la información que se aporta en el enunciado de cada ítem.
- Justificación en base a criterios ajenos a la tarea: explica la opción de respuesta seleccionada como válida utilizando información diferente de la que se aporta en cada ítem.
- Justificación no adecuada: explica la elección de la opción de respuesta correcta seleccionada como válida utilizando información incorrecta.
- No justificación: no explica la elección de la opción de respuesta seleccionada.

Esta rúbrica se utiliza para el análisis de los tres ítems utilizados en el pre-test. Los ejemplos de cada categoría se discuten en el siguiente apartado de resultados.

Para dar respuesta al segundo objetivo de investigación “Examinar la influencia de la realización de actividades de indagación sobre los desempeños evaluados en PISA en los resultados del alumnado relativos a los ítems de la evaluación PISA”, se utiliza la misma rúbrica que para el objetivo 1 pero aplicada a los nueve ítems que constituyen pre-test y post-test para el alumnado que participó en el estudio longitudinal completo. Además una vez examinados los resultados del estudio completo, estos se agrupan en función de la competencia a la que pertenecen (ítems 3, 6, 7 y 8 identificación de cuestiones científicas; ítems 1, 2, 4, 5 y 9 uso de pruebas) y se analizan en función del nivel de complejidad establecido en la tabla 1, con el objetivo de comprobar si los resultados del post-test en el cual los ítems presentan igual o mayor nivel de complejidad son mejores que los del pre-test.

## Resultados

En esta sección se resumen los resultados correspondientes a los dos objetivos de investigación. En primer lugar examinamos los resultados correspondientes a la selección de respuesta correcta en los ítems de opción de múltiple y en segundo evaluamos la influencia de la secuencia de actividades de indagación en las respuestas del alumnado, comparando los resultados del pre-test y post-test.

## Análisis de las respuestas y justificaciones del alumnado a los ítems de opción de respuesta múltiple

Se analizan las respuestas del alumnado a los ítems del pre-test utilizado como marco de referencia para la resolución de la primera tarea laboratorio de la secuencia. Los resultados correspondientes al número de respuestas correctas y sus justificaciones se representan en términos de frecuencia y porcentaje en la tabla 2.

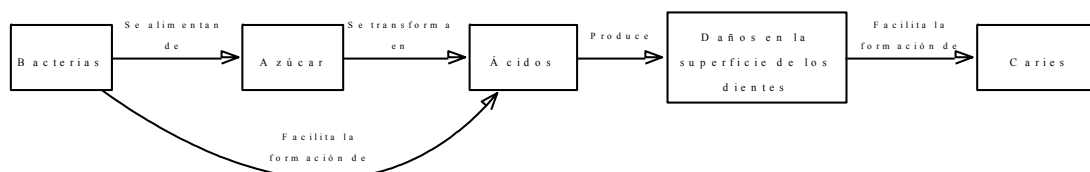
**Tabla 2.** Justificaciones de las opciones de respuesta correctas.

Categoría	Ítem 1		Ítem 2		Ítem 3	
	N	%	N	%	N	%
a) Justificación en base a la información aportada en la tarea	12	60	5	25	6	30
b) Justificación en base a criterios ajenos a la tarea	-	-	10	50	-	-
c) Justificación no adecuada	7	35	-	-	7	40
d) No justificación	-	-	-	-	3	10
Total (opciones de respuesta correctas)	19	95	15	75	16	80

En el análisis de las justificaciones sólo se tienen en cuenta aquellas en las que el alumnado seleccionó la opción de respuesta correcta: 19 de 20 en el ítem 1, 15 de 20 en el ítem 2 y 16 de 20 en el ítem 3. Cabe señalar que aquellos estudiantes que seleccionaron una opción de respuesta múltiple incorrecta también justificaron su selección de forma errónea. El análisis de las justificaciones de las respuestas incorrectas no se incluyen en este trabajo porque el objetivo de esta primera parte de la investigación es comparar la respuestas correctas del alumnado cuando tienen que seleccionar solamente la opción de respuesta adecuada frente a cuando se les pide que además justifiquen por qué dicha opción seleccionada es la correcta. A continuación se examinan los resultados correspondientes a cada ítem y se documentan con ejemplos de las respuestas escritas del alumnado.

### *Ítem 1: Identificación del rol de las bacterias en la aparición de la caries*

En esta cuestión se analiza la aplicación de criterios para establecer una conclusión, siendo el criterio la información dada en el ítem sobre el proceso de aparición de la caries y su prevención. Las relaciones que el alumnado debe establecer para resolver esta cuestión son las siguientes:



**Figura 2.** Relaciones a establecer con la información proporcionada.

Las flechas continuas representan la información proporcionada en la tarea y las discontinuas las relaciones que el alumnado debe inferir.

En esta cuestión, 19 de 20 alumnos seleccionan la opción de respuesta correcta (el rol de las bacterias es el de producir ácidos). De estos 19 que seleccionan la respuesta correcta, 12 justifican la opción escogida en base a la información aportada en la tarea, que representa el 60 % del alumnado del estudio. Un ejemplo de esta categoría es la justificación de la alumna 14 (A14): “Las bacterias producen ácido porque la bacteria al alimentarse de azúcar lo transforma en ácido que es lo que daña los dientes”. Consideramos que esta justificación es adecuada porque la estudiante utiliza y relaciona la información proporcionada en el contexto de la tarea en su justificación.

El resto del alumnado (N=7) proporciona una justificación no adecuada, bien porque no incorpora toda la información necesaria o bien porque la interpreta de forma errónea, por ejemplo A3: *“Porque el ácido daña la superficie de los dientes y las muelas y las bacterias producen ácido”*. En este caso, aunque la alumna selecciona la opción de respuesta correcta, la justificación no es adecuada ya que no identifica la relación entre el azúcar del que se alimentan las bacterias y el ácido que produce los daños en el esmalte.

*Ítem 2: Identificación de la afirmación que se sustenta en los datos proporcionados en un gráfico.*

Se pretende analizar si el alumnado interpreta una tendencia creciente en un gráfico en el que se representa el consumo de azúcar y la cantidad de caries en diferentes países. En este ítem 15 de 20 estudiantes seleccionan la opción de respuesta correcta (cuanto más azúcar consuma la gente, es más probable que desarrolle caries dental) y de esos 15 solo cinco justifican la opción elegida en base a la información del gráfico. Un ejemplo de justificación adecuada es la de A17: *“Porque las personas que consumen 140g tienen muchas más caries que las personas que consumen 10g”*. Esta alumna utiliza datos concretos del gráfico para justificar la opción seleccionada.

De los 15 que seleccionan la opción correcta, 10 la justifican en base a criterios ajenos al ítem como A7: *“Porque si la gente de un país consume más azúcar tendrá más caries que si consume menos azúcar”* o utilizando sus conocimientos o la información del ítem anterior como A3: *“Porque el azúcar se transforma en ácido y cuanto más azúcar consumas es más probable el desarrollo de la caries dental”*.

*Ítem 3: ¿Pueden responderse mediante experimentos científicos?*

El alumnado debe justificar por qué el efecto de añadir fluoruro al suministro de agua puede medirse con un experimento y el coste de la visita al dentista no. En este ítem 16 estudiantes seleccionan la opción correcta y de estos 16, seis justifican de forma adecuada la opción seleccionada. Un ejemplo es la justificación de A14: *“La [opción] a si porque se podría realizar experimentos y sacar conclusiones utilizando diferentes patrones y formas. La [opción] b no porque eso no depende de un experimento sino de las personas”*

Siete estudiantes de los 16 no justifican de forma adecuada, bien porque responden a las cuestiones que se formulan en las opciones de respuesta como la justificación de A1: *“Que se reducen las caries”* y *“30 euros porque es necesario pero sin pasarse con el precio”*, o porque las justificaciones no están fundamentadas como la de A5: *“Porque la segunda [opción] no tiene nada que ver”*.

Por último los dos estudiantes restantes aunque seleccionan la opción correcta no la justifican.

En resumen, en el ítem 1 el 95% del alumnado selecciona la opción correcta pero sólo el 60% justifica adecuadamente, en el ítem 2 el 75% del alumnado selecciona la opción correcta y sólo el 25% justifica adecuadamente y en el ítem 3 el 80% selecciona la opción correcta y sólo el 30% la justifica de forma adecuada. Por tanto los resultados de las respuestas a los ítems PISA son muy diferentes cuando se pide al alumnado que justifique la opción seleccionada a cuando se le indica solamente que seleccione la opción.

## *2. Análisis de la influencia de la participación del alumnado en el estudio longitudinal de indagación*

En este apartado se examinan los resultados a las preguntas utilizadas como pre-test y post-test del alumnado que participó en el estudio completo (N=9). Al igual que en el caso anterior se analizan las opciones de respuesta seleccionadas y las justificaciones, examinando si existen mejoras en la justificación al final del proceso.



**Tabla 3.** Respuestas y justificaciones del alumnado en el pre-test y post-test.

Categoría	I1	I2	I3	I4	I5	I6	I7	I8	I9
a) Justificación en base a la información aportada en la tarea	6	3	5	7	8	3	3	4	8
b) Justificación en base a criterios ajenos a la tarea	-	3	-	-	-	1	2	-	-
c) Justificación no adecuada	3	-	2	-	-	5	2	-	1
d) No justificación	-	-	2	-	-	-	-	-	-
Total (opciones de respuesta correctas)	9/9	6/9	9/9	7/9	8/9	9/9	7/9	4/9	8/9

Legenda: I1, I2, I3, I4, I5, I6, I7, I8, I9= ítem 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9 respectivamente.

#### *Pre-test: Prueba caries (ítems 1 a 3)*

Los ítems 1, 2 y 3 se corresponden con la prueba PISA sobre la caries analizados en el apartado anterior. Todos los estudiantes participantes en el estudio longitudinal seleccionan la opción correcta en los ítems 1 y 3 mientras que seis de los nueve señalan la opción correcta en el ítem 2. En cuanto a las justificaciones, seis de nueve justifican en base a la información aportada en la tarea en el ítem 1, tres de seis en el ítem 2 y cinco de nueve en el ítem 3.

#### *Post-test: Prueba moscas (ítems 4 y 5)*

El ítem 4 requiere que el alumnado proponga como comprobar la suposición de un granjero de que el insecticida que utilizó contra una población de moscas se descompone con el tiempo.

De los nueve estudiantes, siete proponen un diseño que permite comprobar la suposición, pero sólo uno tiene en cuenta las tres variables relacionadas en el texto (tipo de moscas, edad del insecticida y exposición), por ejemplo A14: *“Esto se puede comprobar utilizando varias muestras y rociándolas con dos productos iguales (iguales per uno más nuevo que el otro). Al cabo de un tiempo se rocían otras muestras iguales con los mismos productos y así sucesivamente. El paso del tiempo y la diferencia (del tiempo entre los dos productos) indicará si se estropean o no (el más viejo tendrá que fallar antes que el otro)”*.

Dos alumnos de los nueve tienen en cuenta dos variables por ejemplo A5: *“Probando la efectividad del insecticida cuando lo prepara y volver a probarlo después de un tiempo. Siempre probándolo con organismos totalmente iguales”*.

Y cuatro consideran sólo una variable, como la respuesta de A10: *“Analizar el insecticida y una parte pequeña de la parcela, hechas el insecticida, lo analizas y si ves que el resultado es el mismo que antes, se descompuso y si no es el mismo no lo hizo”*.

El ítem 5 examina la justificación de conclusiones y requiere que el alumnado proponga dos explicaciones alternativas a la del granjero de por que el insecticida es cada vez menos efectivo.

De las respuestas del alumnado se extrae que ocho de nueve son capaces de justificar la conclusión, pero sólo uno de ellos es capaz de proponer las dos explicaciones alternativas se demandan, A13. Como explicación 1 este alumno propone: *“Porque el insecto en el que es aplicado el insecticida se ha acostumbrado o cogido inmunidad al insecticida”*. Y como explicación 2 propone: *“Porque el insecticida no ha sido conservado en las condiciones adecuadas”*.

Del resto cuatro proponen una explicación alternativa y otra que consiste en la explicación de la suposición del granjero pero con sus propias palabras, por ejemplo A5. Como explicación 1 propone: *“Porque cada generación de moscas está más adaptada al insecticida”* y como explicación 2: *“Pierde efectividad por estar mucho tiempo estancado”*, que no es más que la explicación de la suposición del granjero, no una alternativa a la misma.

Y los tres restantes proponen una explicación alternativa y otra incorrecta, como A10. Como explicación 1 propone: *“Porque las moscas se van acostumbrando al ese insecticida”* y como explicación 2: *“Porque vuelven moscas nuevas que no están afectadas”*, lo que no explica la suposición del granjero.

*Post-test: prueba protectores solares (ítems 6 a 9)*

El ítem 6 analiza la capacidad para identificar el papel de las sustancias de referencia en la investigación sobre los protectores solares.

En este ítem todo el alumnado selecciona la opción de respuesta correcta (nueve de nueve), pero cuando se pide que justifiquen la opción elegida sólo tres de nueve lo hacen en función de cada sustancia de referencia. Un ejemplo es A5: *“Son sustancias de referencia porque conocen que el aceite mineral deja pasar mayor cantidad de luz y el óxido de zinc bloquea casi completamente la luz”*.

Del resto, uno identifica el propósito de utilizar las sustancias de referencia pero no su función, A10: *“Ya que los resultados de los protectores los comparan con el óxido de zinc y el aceite mineral”*. Cuatro no identifican la función, por ejemplo A16: *“Milagros y Daniel no están estudiando ni el aceite mineral ni el óxido de zinc, por eso son sustancias de referencia, ellos quieren estudiar los protectores solares”*. Y uno no justifica la respuesta (A17).

El ítem 7 evalúa la identificación del objetivo de la tarea, en el que ocho de nueve estudiantes seleccionan la opción correcta, y seis justifican adecuadamente.

De esos seis, tres identifican el objetivo y relacionan el color de cada muestra con la mayor o menor protección solar, por ejemplo A20: *“Porque estudiando los colores de las diferentes muestras se puede averiguar cual protege mejor (y cuanto más oscuro más protege porque menos luz deja pasar como con el zinc, cuando más claro ocurre lo contrario)”*. Y los otros tres justifican su respuesta en base al objetivo de la investigación a realizar. Un ejemplo es la justificación de A13: *“Lo que buscaban es comparar el nivel de protección que aportan y averiguar cual era el mejor”*. Del resto, uno repite la información de la pregunta en la justificación (A17: *“Porque ellos quieren saber qué protector solar les proporcionan la mejor protección para la piel”*) y dos no justifican la respuesta (A5 y A10).

El ítem 8 examina el control de variables en el experimento, al cual cinco de nueve estudiantes seleccionan la opción de respuesta correcta.

De los cinco que responden adecuadamente, cuatro justifican la opción seleccionada en base a la necesidad de controlar las variables, por ejemplo A10: *“Porque al presionar las hojas, las distancias entre ellas son las mismas y tienen el mismo grosor”*. El otro alumno que selecciona la opción correcta justifica repitiendo la información de la pregunta, A17: *“Porque así una gota no es más gorda que la otra”*.

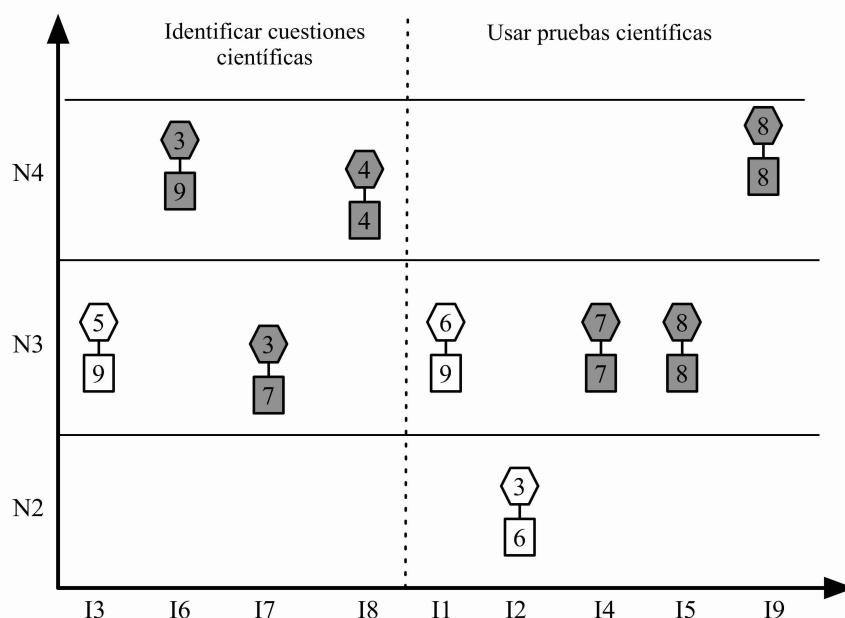
El ítem 9 evalúa la interpretación de posibles resultados a obtener en la investigación presentada. El alumnado debe seleccionar entre cuatro esquemas cual representaría un posible resultado de la investigación.

En este caso, los nueve estudiantes seleccionan la opción de respuesta correcta y ocho justifican la opción de forma correcta. Un ejemplo es la justificación de A20: *“Porque el aceite mineral es la sustancia que más luz deja pasar, por lo tanto la zona del papel se vuelve blanca, en cambio la zona del ZnO no deja que la luz pase y el papel sigue de un color gris oscuro”*.

Una estudiante (A10) justifica de forma no adecuada al interpretar que la luz a la que se expone cada muestra es diferente: *“Ya que el ZnO tiene que estar oscuro porque se expone a poca luz y el aceite blanco porque se expone a mucha luz”*.

Estos resultados del pre-test y post-test nos permiten analizar la influencia de la participación del alumnado en el estudio de indagación en el laboratorio en el que se demanda que diseñen

como planificar cada investigación y que justifiquen cada paso dado en la puesta en práctica. Para ello distribuimos los ítems en función de la competencia científica que se aborda en cada uno (identificar cuestiones científicas para los ítems 3, 6, 7 y 8; uso de pruebas para los ítems 1, 2, 4, 5 y 9) y a su vez en función de los niveles de desempeño detallados en la tabla 1 (N2, N3 y N4). Un mayor nivel de desempeño implica una mayor complejidad tal y como se indica en la evaluación PISA (OCDE, 2008). El resultado se representa en la figura 3.



**Figura 3.** Resultados del pre-test y post-test en función de la competencia científica que abordan.

Leyenda: N2, N3, N4: Nivel de complejidad 2, 3 y 4 respectivamente; I1, I2, ... I9: ítem 1, ítem 2, ...ítem 9; □ número de respuestas correctas en el pre-test; ◻ número de justificaciones adecuadas en el pre-test; ■ número de respuestas correctas en el post-test; ◼ número de justificaciones adecuadas en el post-test.

De la figura 3 se deducen diferencias importantes en los resultados obtenidos, tanto en la selección de la opción correcta como en la justificación, para las dos competencias científicas analizadas. Respecto a la identificación de cuestiones científicas no existe una pauta clara en cuanto al pre-test y post-test, pero en cuanto a la competencia en usar pruebas se observa un aumento en la frecuencia de justificaciones correctas en el post-test respecto al pre-test. Así en los ítems 4, 5 y 9 todo el alumnado que selecciona la opción correcta propone una justificación adecuada. Especialmente relevante es el resultado del ítem 9 que se sitúa en un nivel de complejidad superior (nivel 4) que el resto de los ítems del post-test que evalúan la competencia en usar pruebas científicas.

Además, dado que los ítems 6 a 9 forman parte de la prueba de PISA de 2006 (OCDE, 2008) de la que tenemos resultados cuantitativos específicos hasta la fecha, podemos utilizarlos como referencia para analizar los resultados de nuestro estudio. El propósito no es tanto comparar los desempeños de ambos, ya que la muestra es diferente en cuanto a tamaño y edad (16 años nuestro alumnado y 15 en PISA), sino evaluar el efecto que tiene la realización de las tareas de nuestro estudio en la aplicación del conocimiento sobre las investigaciones científicas, es decir, examinar la transferencia de conocimiento. A modo indicativo, la totalidad del alumnado de nuestro estudio es capaz de identificar los resultados derivados de una investigación (ítem 9) cuestión reconocida en PISA como la de mayor complejidad del nivel 4 y a la que solo el 23% del alumnado responde correctamente. Pensamos que podría deberse a

la influencia positiva de las actividades de indagación realizadas durante el estudio longitudinal de dos años en las que el alumnado participó, aunque sería necesario realizar estudios complementarios para poder afirmarlo con seguridad.

## Conclusiones e implicaciones educativas

La evaluación de las competencias presenta dificultades tanto para los docentes como para el alumnado. La caracterización de las competencias implica la capacidad de utilizar conocimiento en nuevos contextos y situaciones, por tanto sugerimos la evaluación de las mismas a través de la puesta en práctica.

Por otro lado, las evaluaciones internacionales que implican muestras grandes como PISA o TIMSS necesitan realizarse a través de tareas escritas. Teniendo esto en cuenta, parece necesario reflexionar en el grado de adecuación de tareas de opción de respuesta múltiple y explorar formas para mejorar la información que se recoge en las mismas.

En este artículo se propone una forma de evaluar la adquisición de las competencias científicas a través del análisis de las justificaciones del alumnado a las opciones de respuesta seleccionadas en los test de opción múltiple y se comparan los resultados obtenidos en ambos casos. Las respuestas del alumnado se analizan en función de los desempeños establecidos en el marco de la evaluación PISA de 2006 mostrando bajos porcentajes de justificaciones adecuadas en dos los tres ítems utilizados en el pre-test (ítems 2 y 3).

El enfoque basado en las justificaciones de los ítems de opción de respuesta múltiple proporciona información sobre el proceso de resolución de la tarea de todos los estudiantes y ayuda a explicar los bajos resultados. Por ejemplo, el hecho de no interpretar la información proporcionada en la tarea en el ítem 1, no reconocer la tendencia ascendente en el gráfico del ítem 2 o responder a las cuestiones proporcionadas como opciones de respuesta en vez de a la pregunta del ítem 3.

Los resultados obtenidos en el pre-test muestran que las justificaciones proporcionan más información sobre el conocimiento del alumnado y en este caso sobre la adquisición de la competencia científica. Por tanto sugerimos que las evaluaciones de este tipo deberían incluir la justificación en los ítems de opción de respuesta múltiple para evaluar destrezas relacionadas con el conocimiento, por ejemplo el razonamiento y la comprensión. Pensamos que este tipo de ítems acompañados de la justificación deberían utilizarse tanto en las sesiones de aula como en los exámenes con el objetivo de familiarizar al alumnado con el proceso de resolución.

Además, de los resultados obtenidos en el post-test podemos concluir que la participación del alumnado en el estudio longitudinal de indagación en el laboratorio podría influenciar positivamente en la resolución de las tareas de lápiz y papel sobre cuestiones relacionadas con la realización de investigaciones. En este estudio el alumnado es capaz de aplicar los conocimientos sobre la investigación científica en un contexto diferente al del laboratorio, un caso teórico y en el cual no participan de forma empírica en los procesos de planificación y puesta en práctica de la investigación sino que tienen que interpretarlos.

Por tanto teniendo en cuenta la definición de competencia establecida en la ley de educación actual, la Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la mejora de la calidad educativa (LOMCE) como: *“La capacidad para aplicar de forma integrada los contenidos propios de cada enseñanza con el fin de lograr la realización adecuada de actividades y la resolución eficaz de problemas complejos”* (Ministerio de Educación, 2014, p.97868), podemos señalar que la participación del alumnado en la planificación y puesta en práctica de investigaciones y el análisis e interpretación de resultados obtenidos en las investigaciones permite contribuir al desarrollo de la competencia

científica ya que los estudiantes tienen que aplicar diferentes conocimientos para la resolución de los problemas planteados en las investigaciones.

Además teniendo en cuenta el marco de la evaluación PISA de este año 2015 (OECD, 2013) la planificación de investigaciones cobra especial relevancia ya que constituye una de las competencias científicas a evaluar: la *competencia en evaluar y diseñar indagaciones científicas*. Por tanto consideramos que es necesario la incorporación de tareas que demanden la planificación de investigaciones y el análisis y la interpretación de resultados de forma regular y progresiva en las aulas, con el fin de familiarizar al alumnado con la resolución de este tipo de cuestiones.

### Agradecimientos

Este trabajo forma parte del proyecto EDU2012-38022-C02-01 financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad.

### Referencias bibliográficas

- Bybee, R. (2009). Scientific literacy and contexts in PISA 2006 Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(8), 862-864.
- Crujeiras, B., Gallástegui, J. R., y Jiménez-Aleixandre, M. P. (2013). Indagación en el laboratorio de química. *Alambique: didáctica de las ciencias experimentales*, 74, 49-56.
- Denzin, N. K. y Lincoln, Y. S. (2000). The discipline and practice of qualitative research. En Denzin, N. K. y Lincoln, Y. S. (Eds.). *Handbook of Qualitative Research* (pp.1-28). Segunda Edición. California: Sage Publications.
- Drechsel, B., Carstensen, C., y Prenzel, M. (2011). The role of content and context in PISA interest scales: A study of the embedded interest items in the PISA 2006 science assessment. *International Journal of Science Education*, 33(1), 73-95.
- Goldstein, H. (2004). International comparisons of student attainment: some issues arising from the PISA study. *Assessment in Education*, 11(3), 319-330.
- Haja, S., y Clarke, D. (2011). Middle school students' responses to two-tier tasks. *Mathematics Education Research Journal*, 23(1), 67-76.
- Jiménez-Aleixandre, M. P. (2008). Designing argumentation learning environments. En S. Erduran, y M. P. Jiménez-Aleixandre (Eds.), *Argumentation in Science Education. Perspectives from classroom-based research*. Dordrecht: Springer
- Jiménez Aleixandre, M. P., Bravo, B., y Puig, B. (2009). ¿Cómo aprende el alumnado a usar y evaluar pruebas? *Aula de Innovación Educativa*, 186, 10- 12.
- Jiménez-Aleixandre, M. P., y Puig, B. (2011). The role of justifications in integrating evidence in arguments: Making sense of gene expression. Comunicación presentada en el congreso de ESERA, Lyon (Francia), del 5 al 9 de septiembre.
- Lau, K. C. (2009). A critical examination of PISA's assessment on scientific literacy. *International Journal of Science Education*, 7(6), 1061-1088.
- Ministerio de Educación Cultura y Deporte (MECD). Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la mejora de la Calidad Educativa, *Boletín Oficial del Estado (BOE)*, 106.
- Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE). (2008). *Competencias científicas para el mundo del mañana*. Madrid: Santillana.
- Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). (2009). *PISA take the*

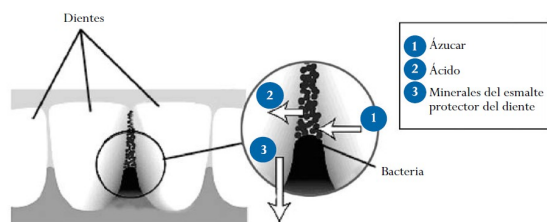
- test: sample questions from OECD's PISA assessments. Paris: OECD.
- Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD) (2013). [PISA 2015 Draft Science Framework](#). Paris: OECD.
- Swanborn, P. G. (2010). *Case study research: what, why and how?* California: Sage Publications.
- Tamir, P. (1990). Justifying the selection of answers in multiple choice items. *International Journal of Science Education*, 12(5), 563-573.
- Treagust, D. F. (1988). Development and use of diagnostic tests to evaluate students' misconceptions in science. *International Journal of Science Education*, 19(2), 159-169.
- Treagust, D. F., y Chandrasegaran, A. L. (2007). The Taiwan national science concept learning study in an international perspective. *International Journal of Science Education*, 29(4), 391-403.

## Anexo: Ítems utilizados en el pre-test y post-test

### Prueba 1: La caries

Las bacterias que viven en nuestros dientes causan la caries dental. La caries ha sido un problema desde el siglo XVIII, cuando el azúcar se volvió un producto accesible debido a la expansión de la industria de la caña de azúcar. Hoy sabemos mucho sobre la caries dental. Por ejemplo:

- Que la bacteria que causa la caries se alimenta de azúcar.
- Que el azúcar se transforma en ácido.
- Que el ácido daña la superficie de los dientes.
- Que cepillar los dientes ayuda a prevenir la caries.



### Ítem 1

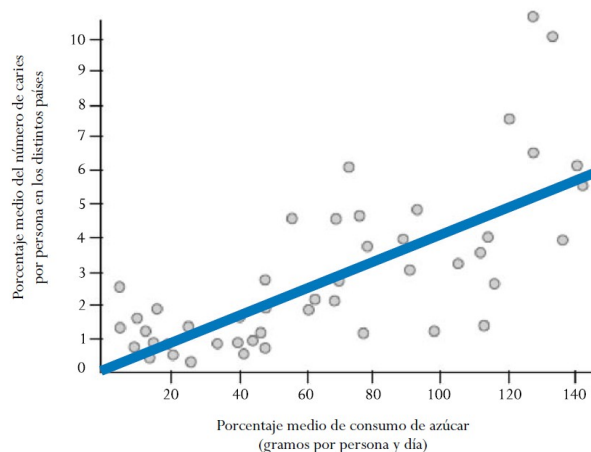
¿Cuál es el papel de las bacterias en la caries dental?

- A) Las bacterias producen el esmalte.  
 B) Las bacterias producen azúcar.  
 C) Las bacterias producen minerales.  
 D) Las bacterias producen ácido.

Justifica tu respuesta.

### Ítem 2

La siguiente gráfica muestra el consumo de azúcar y la incidencia de la caries dental en diferentes países. Cada país está representado por un punto en la gráfica.



¿Cuál de las siguientes afirmaciones se sustenta en la información de la gráfica?

- A) En algunos países, la gente se cepilla los dientes con más frecuencia que en otros países.  
 B) Cuanto más azúcar consume la gente, es más probable que desarrolle caries dental.  
 C) En los años recientes, la incidencia de la caries se ha incrementado en muchos países.  
 D) En los años recientes, el consumo de azúcar se ha incrementado en muchos países.

Explícalo.

**Ítem 3**

Un país tiene un alto índice de caries por persona. ¿Pueden ser respondidas por medio de experimentos científicos las siguientes preguntas sobre la caries dental en ese país?

A) ¿Qué efecto tendría en la caries dental introducir flúor en el suministro de agua potable?

B) ¿Cuánto debería costar una visita al dentista?

Justifica tu respuesta.

*Prueba 2: Moscas*

Un granjero estaba trabajando con vacas lecheras en una explotación agropecuaria experimental. La población de moscas en el establo donde vivía el ganado era tan grande que estaba afectando a la salud de los animales, así que el granjero roció el establo y el ganado con una solución de insecticida A. El insecticida mató a casi todas las moscas sin embargo algún tiempo después el número de moscas volvió a ser grande. El granjero roció de nuevo el establo y el ganado con el insecticida y el resultado fue similar a lo ocurrido la primera. La mayoría de las moscas murieron, pero no todas. De nuevo, en un corto período de tiempo, la población de moscas aumentó y fue rociada otra vez con el insecticida. Esta secuencia de sucesos se repitió cinco veces: entonces fue evidente que el insecticida A era cada vez menos efectivo para matar las moscas. El granjero observó que se había preparado una gran cantidad de la solución del insecticida y se había utilizado en todas las rociadas. Debido a eso pensó en la posibilidad de que la solución de insecticida se hubiera descompuesto con el tiempo.

*Fuente: Teaching About Evolution and the Nature of Science. National Academy Press, Washington, DC, 1998, p. 75*

4) La suposición del granjero es que el insecticida se descompone con el tiempo. Explica brevemente cómo se podría comprobar esta suposición.

5) La suposición del granjero es que el insecticida se descompone con el tiempo. Da dos explicaciones alternativas de por qué «el insecticida A es cada vez menos efectivo»:

Explicación 1: \_\_\_\_\_

Explicación 2: \_\_\_\_\_

*Prueba 3: Protectores Solares*

Milagros y Daniel quieren saber qué protector solar les proporciona la mejor protección para la piel. Los protectores solares llevan un *factor de protección solar (FPS)* que indica hasta qué punto el producto absorbe las radiaciones ultravioleta de la luz solar. Un protector solar con un FPS alto protege la piel durante más tiempo que un protector solar con un FPS bajo.

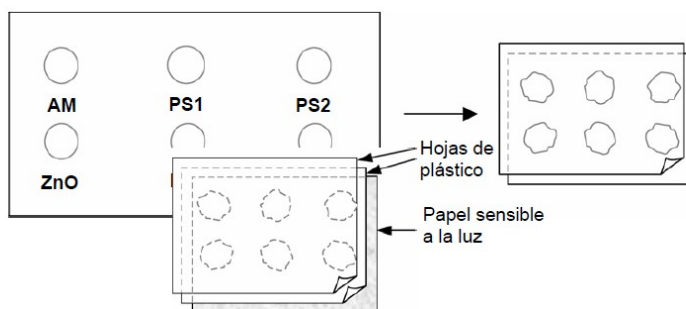
A Milagros se le ocurrió una forma de comparar diferentes protectores solares. Daniel y ella reunieron los siguientes materiales:

- dos hojas de un plástico transparente que no absorbe la luz solar
- una hoja de papel sensible a la luz
- aceite mineral (AM) y una crema con óxido de zinc (ZnO)
- cuatro protectores solares diferentes, a los que llamaron PS1, PS2, PS3, y PS4 Milagros y Daniel utilizaron aceite mineral porque deja pasar la mayor parte de la luz solar, y el óxido de zinc porque bloquea casi completamente la luz del sol.

Daniel puso una gota de cada sustancia dentro de unos círculos marcados en una de las láminas de plástico y después colocó la otra lámina encima. Colocó luego sobre las láminas de plástico un libro grande para presionarlas.



A continuación, Milagros puso las láminas de plástico encima de la hoja de papel sensible a la luz. El papel sensible a la luz cambia de gris oscuro a blanco (o gris muy claro), en función del tiempo que esté expuesto a la luz solar. Por último, Daniel puso las hojas en un lugar soleado.



6. De las afirmaciones siguientes, ¿cuál es una descripción científica de la función que cumplen el aceite mineral y el óxido de zinc al comparar la efectividad de los protectores solares?

- A - El aceite mineral y el óxido de zinc son los dos factores que se están estudiando.
- B - El aceite mineral es un factor que está siendo estudiado, y el óxido de zinc es una sustancia de referencia.
- C - El aceite mineral es una sustancia de referencia y el óxido de zinc es el factor que se está estudiado.
- D - El aceite mineral y el óxido de zinc son las dos sustancias de referencia.

Justifica tu respuesta

7. ¿Cuál de las siguientes preguntas trataban de responder Milagros y Daniel?

- A-¿Qué protección proporciona cada protector solar en comparación con los otros?
- B-¿Cómo protegen la piel de la radiación ultravioleta los protectores solares?
- C-¿Hay algún protector solar que proteja menos que el aceite mineral?
- D-¿Hay algún protector solar que proteja más que el óxido de zinc?

Justifica tu respuesta

8. ¿Por qué presionaron la segunda hoja de plástico?

- A-Para impedir que las gotas se secan.
- B-Para extender las gotas lo más rápidamente posible.
- C-Para mantener las gotas en el interior de los círculos.
- D-Para que las gotas fueran del mismo grosor.

Justifica tu respuesta

9. El papel sensible a la luz es gris oscuro y cambia a gris claro cuando se expone a un poco de luz, y a blanco cuando se expone a mucha luz. ¿Cuál de estas figuras representa un resultado que podría ocurrir? Explica tu elección.

